Supplementary: Separating Style and Content for Generalized Style Transfer

Yexun Zhang	Ya Zhang⊠	Wenbin Cai
Shanghai Jiao Tong University	Shanghai Jiao Tong University	Microsoft
zhyxun@sjtu.edu.cn	ya_zhang@sjtu.edu.cn	wenbca@microsoft.com

In this supplementary, we present more experimental results to better validate the effectiveness of our proposed method. We first conduct experiments to perform morphing between two styles. Then, we give more experimental results for factors influencing the model performance and present both the quantitative and qualitative results. Finally, we present some results for neural style transfer.

1. Morphing

In this subsection, we perform morphing between two styles. We synthesize new styles by changing the weight between two styles S_1 and S_2 according to the following function:

$$S_{\text{New}} = (1 - \lambda) \times S_1 + \lambda \times S_2, \qquad 0 \le \lambda \le 1.$$
(1)

The styles and contents used in this experiment are all novel. During experiment, we first extract the style features for the two styles from style reference sets \mathcal{R}_{S_1} and \mathcal{R}_{S_2} and then combine them with different weight λ . Finally, the new style feature S_{New} will be combined with the content feature and generate the image. The results are presented in Figure 1 and Figure 2. From the figure, we can observe the changing process from style S_1 to style S_2 . This experiment further validates that the *Style Encoder* can extract accurate and pure style features. Besides, by separating style and content, we can leverage the style representations to create new styles.

\mathcal{R}_{S_1} :	反	戎	珠	姨	超	悔	秋	亡	郡	栗	\mathcal{R}_{S_1} :	殆	伙	悼	藝	播	湛	判	勇	困	凹
\mathcal{R}_{S_2} :	姜	秩	先	梧	冶	乧	婿	札	哇	峨	\mathcal{R}_{S_2} :	畏	本	煌	慌	湏	疆	擅	庶	堡	先
TG1:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	TG1:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	址
0.0:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	0.0:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	址
0.1:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	0.1:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	址
0.2:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	0.2:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	址
0.3:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	0.3:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	址
0.4:	掉	京	夫	格	恨	柿	抱	厄	汁	柯	0.4:	扂	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
0.5:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	汁	柯	0.5:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
0.6:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	汁	柯	0.6:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
0.7:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	汁	柯	0.7:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
0.8:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	汁	柯	0.8:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
0.9:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	汁	柯	0.9:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
1.0:	掉	京	夫	格	恨	杮	抱	厄	シナ・	柯	1.0:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵
TG2:	掉	京	夫	格	恨	枾	抱	厄	汁	柯	TG2:	居	周	烘	惟	娘	瑰	徒	俏	坑	圵

Figure 1: Results of morphing between two styles. \mathcal{R}_{S_1} : Reference set for style S_1 , \mathcal{R}_{S_2} : Reference set for style S_2 , TG1: Target images for style S_1 , TG2: Target images for style S_2 , 0.0-1.0: Outputs for $\lambda = [0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0].$

R_{sı}: 辱 攻 敢 狗 吩 他 古 袱 峙 燎 ^飛s₁: 四 森 左 元 知 繁 具 返 介 掌 *R_{S2}:* 布 皿 三 裳 悄 循 拘 眼 疏 醉 *ℝ*_{S₂}: 眺竹呑人窘型 逸 年 傀 感 TGI: 推 咨 眠 裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 TG1: 免碗剁弧堵爆栽夷摧孺 0.0: 推 咨 眠 裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 0.0: 免碗剁弧堵爆栽夷摧孺 0.1: 推 咨 眠 裕 垣 捍 栗 卸 捶 重 0.1: 免碗剁弧堵爆栽夷摧孺 0.2: 推咨眠裕垣捍粟卸捶重 0.2: 免碗剁弧堵爆栽夷摧孺 推容 眠 裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 免碗剁弧堵爆栽夷摧孺 0.3: 0.3: 推咨眠裕垣捍粟卸捶重 免碗剁 弧堵爆栽夷摧孺 0.4: 0.4: 推 咨 眠 裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 免碗剁 弧堵爆栽夷 推 濡 0.5: 0.5: 推咨眠裕垣捍粟卸捶重 免 碗 剁 弧 堵 爆 栽 夷 摧 孺 0.6: 0.6: 推咨眠裕垣捍粟卸捶重 免 碗 剁 弧 堵 爆 栽 夷 摧 0.7: 0.7: 孺 推咨眠裕垣捍粟卸捶重 免 剁 弧 爆 栽 夷 摧 0.8: 0.8: 碗 堵 孺 0.9: 推咨 眠裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 免 碗 剁 弧 堵 爆 栽 夷 摧 0.9: 孺 免 弧 堵 爆 栽 夷 摧 1.0: 推咨 眠裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 1.0: 碗 剁 孺 TG2: 推 咨 眠 裕 垣 捍 粟 卸 捶 重 TG2: 免 碗 刴 弧 堵 爆 栽 夷 摧 儒

Figure 2: Results of morphing between two styles. \mathcal{R}_{S_1} : Reference set for style S_1 , \mathcal{R}_{S_2} : Reference set for style S_2 , TG1: Target images for style S_1 , TG2: Target images for style S_2 , 0.0-1.0: Outputs for $\lambda = [0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0].$

2. Influence of the Training Set Size

In this section, we present the quantitative results of different training set size in Table 1 and the qualitative results in Figure 3. We can observe that for both quantitative results and qualitative results, the larger the training set size, the better the performance. In addition, the model performance saturates with the increase of the training set size.

							L	\mathcal{D}_1								1	D_2								D_3									D_4	£.					
				L1	loss	S	RN	1SE	3	PD	AR	2	L1	los	s	RN	ASE	Ξ	PE	DAR	L	1 lc	oss	R	MS	SE	P	DA	R	L	1 lo	oss	R	M	SE	P	PDA	R	-	
	20	0k		0.0	096	5	0.0	192	2	0.1	801	1	0.0	090	5	0.0)192	2	0.1	806	0.	009	95	0	.01	91	0.	175	58	0	.00	95	0	.01	91	0	.17	64	-	
	5	0k	+	0.0	096	5	0.0	191	L	0.1	713	3	0.0	09	7	0.0)192	2	0.1	726	0.	009	95	0	.01	91	0.	160	58	0	.00	96	0	.01	92	0	.16	79	-	
	10)0k		0.0	093	3	0.0	188	3	0.1	662	,	0.0	094	4	0.0)18	9	0.1	686	0	00	93	0	.01	88	0	16	33	0	.00	94	0	.01	89	0	16	54	-	
	30	01	+	0.0	0/1		0.0	185	5	$\frac{0.1}{0.1}$	5/0	- -	0.0	00/	1	0.0	118	0	0.1	604	0	00	02	0	019	87	0	15/	10	0	00	0/		01	80	-0	15	02	-	
	50		+	0.0	001	1	0.0 0 0	10.	,	0.1	500	<u> </u>	0.0	02	T 1	0.0	110	<u> </u>	0.1	578	0.	00.	02	0	010	87	0.	15	10	0	00	05	- 0	$\frac{10}{101}$	10	-0	15	92 60	-	
	50	JOK.		0.0	071	_	0.0	10.	,	0.1	305		0.0	0.2-	•	0.0	10	,	0.1	570	U	002	74	U	.010	07	0.	15	.,	0	.00	,,		.01	. 9		.15	09	-	
тG	銌	亜	Æil	旇	31.	% :	奴	肟	浀	n佬	र्गाः	笘	먾	崍	侟	熔	挭	油	鸠	帖	衵	旭	亜	指	淤	퓺	狙	н	₩	し	枚	遦	烸	協	舳	冸	峀	dт	玹	枅
01.	- リL かか	不面	24 74	展曲		19	加	RC.	210	叩し	亦	俪	10 ##	厌	+ +	际	1田	<u>ب</u>	王	加加	ግሀ ቀሌ	110	米西	1 1	1日 +公	利	XE	<u>т</u> . 41	Jル +止	成	11 11 12	存昔	14	炻	败	1H 1eb	1HI +#	ш.	3X 34	111
	폤	禾一	21	<i>D</i> 免	과	99 10	20 10	EZ.	152	明九	小	扁	行	1哭	4	1 京	間	迴	惶	146	衵	很	釆	俘	怡	即	派	Ħ	机	PHL.	怕	谷	間	驭	贱	113	1明	щ	揆	例
02:	筑	罘	夘	旗	4	Ŷ	怒	盿	微	唬	亦	篇	特	懙	年	僚	揂	逥	惶	脴	衵	恨	衆	捾	秴	林	狠	Ħ	批	凧	格	臖	栂	婗	嫂	俏	捕	Ш	挼	枘
03:	筑	栗	列	旗	斗	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	暮	梅	婗	嫂	俏	捕	山	孩	柄
04:	筑	栗	列	旗	斗	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	暮	梅	婏	嫂	俏	捕	山	孩	柄
05:	筑	栗	列	旗	과	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	暮	梅	婏	嫂	俏	捕	山	孩	柄
тс	始	西	मा	拚	31.	Ma	47	旺美	仙	뺘	के	섬	肚	加	缶	依	塘	油	鸠	帅	भ	旭	亜	指	沷	퓺夭	准	П	业	出	枚	苞	柨	協	舳	佔	埔	л.	玆	柘
	外山	木	21	<i>哄</i>	T	19	心	RZ.	加入	近し	か	細	订	厌	+	下下 (左	加田	<u></u> 一	匡	10日	们	112	米	开	竹	时		TL	316	风	旧山	香苔	何	995 14	双山	1H DV	1円 上月	ш	1/	113
	况	米	列	俱	· 석•	29	NS.	肥	衆	呢	3.1	桶	特	陕	平	惊	油	世	催	化	和	恨	采	择	伯	UT.	北	共	亚	殿	1 位	母	相	贶	贬	佰	朋	ш	恢	枘
02:	筑	罘	列	頒	4	沙	怒	肊	微	唬	亦	篇	行	懙	4	僚	宙	迪	悝	惦	粕	恨	哭	掉	柗	体	狼	H	批	咸	格	튭	柵	烑	燰	俏	捕	U2	孩	枘
03:	筑	栗	列	旗	과	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	待	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	暮	梅	婗	嫂	俏	捕	ப	孩	柄
04:	筑	栗	列	旗	부	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	暮	梅	娩	嫂	俏	捕	山	孩	柄
05:	筑	栗	列	旗	과	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狼	H	批	咸	格	暮	梅	娩	嫂	俏	捕	Щ	孩	柄
тс	섮	西	51	-44	я.	2.Is	41	n4	屾	-	÷	厺	杜	山山	年	亾	悸	:- b	岣	낪	44	阳	西	拈	¥8	T.L	X19	71	44	÷	14	苔	占	14	1.də	1.k	12	ι.	77	Įτ
	巩	木	21	供	T	17	10	肥之	讽	咒	小山	扁	村	侠	+	尔	価	THE .	住	1/6	和	112	米	仟	俗	師	112	#	110	成	俗	奋 #	供	郊	玟	1F] 1P	引用	щ	极	何可
	訊	希	列	凝	*	Ð	N.	12	頑	燛	an	爲	符	復	4	僚	擂	運	悭	阳	*8	限	采	弾	役	酥	狠	H	泚	λāλ,	裕	骨	移	贶	甦	1月	勈	au v	换	初
02:	筑	果	列	旗	4	79	怒	Ľ2	微	唬	亦	高	特	偰	4	僚	擂	迪	惶	伤	枊	恨	釆	稈	裕	南木	狼	丑	枇	凤	格	暑	栂	媿	嗖	俏	掚	۲U	孩	枘
03:	筑	栗	列	旗	4	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	慏	年	僚	擂	迪	惶	惦	柏	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	惷	梅	娩	嫂	俏	捕	Ъ	孩	柄
04:	筑	栗	列	旗	부	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	幕	梅	娩	嫂	俏	捕	山	孩	柄
05:	筑	栗	列	旗	斗	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	丑	批	咸	格	幕	梅	娩	嫂	俏	捕	山	孩	柄
тG	窃	亜	別	旗	হা	沙	奴	眨	微	嘘	亦	笸	特	幮	甶	傄	擂	油	悼	惦	粕	悢	亜	掉	裕	퓺	狠	Ŧ	批	咸	格	蔓	栴	埦	婟	偗	捕	п	孩	柄
<u></u>	57	西) 기	加兵	શ	34	902	15	114	NE	市	答	他	偏	Ŧ	倚	挿	一油	旧	HE .	1111 1811	相	要	占	坎	₩ T	加加	ш	111	150	112		塩	施	施	旧	加加		5	話
$ \frac{01}{02} $	дч. 225	不西	アリ	1)R ta	লন হা	20	10	ᇝ	191. 191:	nde	か	/刑 (生)	1J 14	医油	+ +	仮立	188		恒		тц #/1	10	禾	14	112 122	同本	312	<u>л</u>	111	ET:	167	も	10	хлс 165	败加	115 145	加	ш Ш	194 で方	173
02.	똬	禾	29 Tu	//믡 +□		jy zab	<u>کتر</u>	ピ	122	以尤	外	扁签	17	哭	4	原	1 田 田	迴	11111	1/13	竹口	限加	米	作	111	四不	沢	<u>п</u>	111	風	165	音	11時	1013 402	迓	旧	加	ш	132 755	111/1
03:	巩	米一	9J	原	4	79	愁	記	敓	岲	小	扁	行	1実	平	惊	擂	迴	惶	临	衵	限	来	捍	伧	不四	狠	<u></u>	111	風	恰	善	呣	贶	嫂	1月	鴅	ш	挼	例
04:	筑	栗	列	旗	파	沙	怒	盵	微	唬	亦	扁	特	懙	年	僚	擂	逥	悜	临	粕	恨	栗	掉	裕	酢	狠	Ħ	批	颪	格	暑	梅	娩	嫂	俏	捕	ш	孩	枘
05:	筑	栗	列	旗	斗	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	五	批	咸	格	暮	梅	娩	嫂	俏	捕	Ш	孩	柄
TG	瓴	栗	列	旗	4	沙	怒	肟	微	嵣	亦	篇	特	懊	车	僚	擂	油	棏	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	Ħ	###	咸	格	暮	梅	婉	娚	倘	捕	n.	孩	柄
01.	湘	亜	<u>ک</u> ار	胡	11	30	97	85	洲	Diffe	 赤	3	垱	幮	- 	傳	標	1	腹	ALE	*	112	*	hà	15	65	18	n	#	B	撼	-	掏	拚	旭	伯	蟰		液	fai
n_{2}	~~~	不西	51	te	्य	w.	82	AI	迦	nde	जोर जोर	笘	13	兩	7	体	峏	t th	LE 山白	int=	*0		300 1300	11	10	ar EI	410	n	+++	ESC.	12	口口	10	12 10	加	1173 1175	ᇥ	111	14 Tt	折
02.	JNL 344	ᅏ	71	119 4		20	103	02	1/1.X	49 /A	亦	/#1 50	15 ++	沃	74- 77-	11K	789	Ten	111	110	110	112	카	74		197 77	21X	<u>п</u>	111	рақ ст	10	番	14	101. 1-02	双		7HI ++	.1.	1X 75	119 +X
03:	筑	釆	9Y	浜	4	15	忩	HZ.	劔	「児児	小	扇	衧	馁	4	惊	插	逥	1呈	1945	衵	TR	*	招	伯	時下	狠	1	18L	風	俗	番	牳	XXE	娞	1月	拥	ш	13	1173
04:	筑	果	夘	旗	4	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	慡	年	僚	擂	迪	悜	煝	粕	恨	宩	掉	裕	楙	狠	Ħ	批	咸	格	暑	梅	媿	嫂	俏	捕	Ш	孩	柄
05:	筑	栗	列	旗	놔	沙	怒	眨	微	唬	亦	篇	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狠	Ħ	批	咸	格	暮	梅	婗	嫂	俏	捕	Ш	孩	柄
TG	筑	票	姛	旗	斗	沙	怒	眨	微	唬	亦	簄	特	懊	年	僚	擂	迪	惶	惦	粕	恨	粟	掉	裕	酥	狼	Ħ	批	嶏	格	暮	梅	媍	娚	俏	捕	UI	孩	栭
01	TA	匰	ରା	M	1	70	٩X	15	11	開	承		措	偃	Æ	伯	擂	油	恒	偃	IA	桐	靈	植	招	H	個	A	批	M	悦	腹	搧	M	M	俏	撞	ili.	材	抵
02	箱	~ 亜	51	版	- 21	训	۶. Kal	町	微	虓	क	管	精	條	牙	倚	插	汕	但	帷	粒	個	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	指	拔	M	洞	Д	л. Ш	E.	松	算	版	10	加	俏	捕	ili.	花	極
02.	流	市	게	济	1	aر ران	心	т. П	巡	···· 요료	亦	間	竹枝	げん	十年	亦	面」	巡油	任相	//J 和E	ッパレ #1つ	旧相	雨	げ	111 XX	파	加	ц Д	111 111	同時	加坡	武草	肺	加強	肞加	旧	110	ա յի	以应	加加
03:	ᄿ	木	개	県	- †	19 34	心切	叱匹	UN Ant	ЧК h-E	小士	扇	何灶	厌血	<u>ተ</u>	次	油桶	四法	圧炉	1/0 /rt	4D ***	化	米西	肾持	ти ÷Ф	卧	걨	ш	11L 11L	риц ett	竹枚	督苔	何步	50E 162	炆加	旧	加快	ш Ш	1次 広	119 坂
04:	巩	米	判	展	4	27	忩	HZ	(ji) (m	航	小	扁标	付け	侠	牛	原	捕	凹	逞	加	衵	16	来	保	fff か	邗	水	11	14	jaų L	伯	督	悩	贶	焌	旧	佣	Ш	戊	们
05:	巩	冞	灲	旗	각	ッ	怒	肊	叞	嘅	刅	扁	狩	懙	牛	原	圕	囲	惶	113日	衵	恨	冞	朜	稻	槲	很	Ħ	抓	咸	稻	晷	牳	贶	嫂	仴	脯	Ш	找	棢

Table 1: Quantitative comparison of models with different training set size.

Figure 3: Generation for D_1 , D_2 , D_3 , D_4 (from upper left to lower right) with different training set size. TG: Target image, O1: Output for N_t =20k, O2: Output for N_t =50k, O3: Output for N_t =100k, O4: Output for N_t =300k, O5: Output for N_t =500k. In all cases, r=10.

3. Influence of Reference Set Size

Following, we present the quantitative results of different reference set size in Table 2 and more generated images in Figure 4. From the figure, we can observe that r=2 performs worst and r=10 and r=15 perform closely, indicating that more reference images will provide more information and the performance will be saturated with the increase of reference set size.

						1	D_1									D_2								L	$)_3$								Ι	\mathcal{D}_4					
			L1	los	s	RI	MS	E	PE)AF	2	L1	los	ss	RI	MSE	Ξ	Pl	DAR	1	1	loss	5	RM	1SE]	PD.	AR		L1	los	5	RM	1SE	Ξ	PD	AR		
		2	0.0)09	6	0.0)19	1	0.1	63	5	0.0)09	8	0.0	0193	3	0.	1677	(0.0	097		0.0	192	2	0.10	511		0.0	098	3	0.0	193	3	0.1	649)	
	r=:	5	0.0)09	3	0.0	018	8	0.1	59	4	0.0	009	5	0.	.019)	0.	1641	(0.0	094		0.0	189)	0.1:	578		0.0	096	5	0.0	192	2	0.1	615	5	
	r=1	0	0.0)09	1	0.0)18	5	0.1	54	9	0.0)09	4	0.0	0189	9	0.	1604	1	0.0	092		0.0	187	,	0.1	549		0.0	094	1	0.0	189)	0.1	592	2	
	r=1	5	0.0	009	1	0.0	$\frac{1}{18}$	6	0.1	55	7	0.0	009	4	0.0	0189	9	0.	1601	-	0.0	092		$\frac{0.0}{0.0}$	187	,	0.14	552		$\frac{0.0}{0.0}$	095	5	0.0	$\frac{1}{19}$		$\frac{0.1}{0.1}$	584	1	
		0	0.	009)	0.0)18	4	0.1	53	3	0.0	009	2	0.0	018	7	0.	1585		0.0	091		0.0	185		0.14	537		0.0	093		0.0	18	8	$\frac{0.1}{0.1}$	571		
		0	0.	002		0.0	,10	-	0.1			0.0	507	-	0.	010	,	0.	1000		0.0	071		0.0	100			551		0.0	070		0.0	100	,	0.1			
TG	憾 蹋	计彼	友	伍	拍	玪	杖	扳	ŧ	漫	跪	郭	惺	圾	函	北口	喝	支	<u>л</u>	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
01.	椷 脭	油	t	15	拍	哈	#ł	15	- +	遇	路	戜	旧	扱	Б 4	11:1	喝	ま	7	k	邪	炸	涩	尋	姓	鄅日	歌	搭	揣	脹	砳	뢬	弟	海	偷	Ŧŧ	注	淳	彩
01	脑盟	一位	大士	1±	14	氐	11	15	±	温	76	nè	旧	+12	Finite Finite	۵۲ ۲۲	唱	~ ±		,, ,±	Яß	H	迎	足品	111	あら	野	坎	挫	哑	БŒ	机	前	海	偷	1 5	津	洁	£1.
02.	卮 呐 岵 ᅃ	1 1/X	x +	111	74	バ	化	7X 1r	± •	仅温	비신 비소	イバ 古17	压	-7X 17	301 E J	يار رار	9 19	× +	$\overline{\mathbf{x}}$	人士	71- TR	**	不	尼		포나	乱	14	把	ar ar	76	±π	产	海	//i	-X =+	/干 :】	行	小/ 亚/
05:4	恐期	1 伐	反	111	相	ギギ	秋	极	主	涭	呃	孙	生	圾	四山	35.	"句	文	~	天	714 719	7F	禾	兄	洪山	阿山	叭	俗	1初	"友 二元	何里	ガ・	יד <i>ו</i> אי	荷	1別	双	伴	仔	T 2
04:	隐蹋	彼	反	伍	拍	玲	杖	扳	圭	涭	跪	鄂	惺	圾	的	北	喝	支	~	天	狎	炸	采	免	烘	曲日	歌	招	揣	睃	砸	₹IS	邾	海	偷	玫	浑	浮	彩
05:	憾蹋	彷彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	酗	北	喝	支	入	夫	邪	炸	枀	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
TG	憾 蹋	计彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	函	北,	喝	支	λ	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
01.	慮 腸	術	方	佦	拍	珍	村	扳	*	温	路	郭	悍	极	两山	-14 1	喝	古	λ.	*	勇乃	炸	7	暑	烘	酮	哥 (搭	揣	勝	砸	抳	ť	海	偷	Ħ	津	淳	形
02.	惊 踞	いん	5	石	拓	玉	#	折	上 土	温	贻	蓟	加加	机	而石	-12 s	四唱	へ	$\hat{\mathbf{x}}$	八 ま	Ŧß	作	迎	易	妞	而出	歌	塔	揣	医	砺	邦	美	海	佡	邗	津	淳	₽%.
02.	に 明	11次	· 众 十	血	10	ドマ	1	孤	± +	反迴	ᄢᅸ	子1 ⁻	医	坝	361	- L - L	15) 1日	× +	$\left \right $	八土	재	小口	云	元夏	14	111 111	叭	111	地	哸	ᄺᄪ	加	る	海海	高合	小	汗	行	11/2 11/2
03.	隠 翊	1 仅	反上	伍	旧	57	权	奴	主	汊	呃	孙	1生	圾	EN E	75 '	"句 .日	叉		ス	40	사ー	米	免日	厌山	町日	可人	1日	140 140	吸	1000	ナド	夘	/ () () ()	间	以北	伴	仔	ホン
04:	唿 翊	1役	及	111	扣	玲	秋	扳	主	逻	鈪	郭	恎	圾	凹凹	3Ľ '	匈	文	~	大	3P	メF	米	免日	洪	間日	歌	拾	栭	昄	加卫	升	邪)毋	111	玫	洋	7字	*/
05:	感蹋	计彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	酗	北口	喝	支	자	夫	郱	炸	桬	莬	烘	时	歌	捂	揣	暖	砸	邦	퐈	海	偷	玫	津	淳	彩
TG	感蹋	彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾i	īΧ	北[閪	支	入	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
01:	風踶	设	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	၍	北[閪	支	λL	夫	邪	炸	深	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暧	硱	邦	弟	滳	偷	玫	津	淳	彩
02:	慮躍	彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	ŧ	瀑	朌	蓟	惺	tR i	気の	11.1	阆	支	7	夫	舠	炬	<u>57</u>	冨	烘	酣	歌	搭	揣	暖	俪	郭	弟	海	偷	£χ	津	淖	彩
03.1	减躁	。	万	伍	拍	玲	お	扳	±	温	跼	郭	帰	沥 扱	売以	14	同	~ 눈	\mathbf{x}	*	ŦR	1/E	涩	富	烘	耐	歌	搭	揣	暖	砺	扔	弟	海	偷	₹₹	津	浢	影
0.0	咸照	。彼	いた	伍	10 tÓ	珍	い材	坂	王 丰	湿温	贻	すの	喤	极前	≣⊡ ₩iVi	ᆌᄹ	19 19	云	$\frac{1}{\lambda}$	+	ЯR	1/1	汤	夏	虹	而日	郭	拔	摧	暖	砺	収	治	海	偷	杤	津	污	¥2
04.	ᇥᄟᇛ	引汉	人	Ш Ш	10 +0	14	12	J/X +=	± +	反涅	吗吗	子り		リント +IZ i	312) 1511/0	ᆌᆔᆙ	问问	× ±	<u>,</u>	Â	피		禾纫	晃	1/tt	표단	可几	世	地	図	ᄺ	デロ ±17	ᅒ	汤	189	坂	净	方	小シ 王ン
05:'	唿峡	110	. R	Ш	뮘	マ	ſΧ	肞	Ξ	涭	岘	勃	悝	収	<u>B</u>	-16 L	肉	X	<u>~</u>	<u>~</u>	מע	7	禾	æ	汧	88	可人	18	100	政	UL	70	为	<u>ر</u> مع	IHU	<u>и</u>	/ +	仔	π> _
TG:	憾 蹋	彼	友	衎	拍	玲	杖	扳	ŧ	漫	跪	郭	煋	圾	酗	1K	喝	支	λ	ŧ	邪	∦ Έ	逊	冨	悝	酣	歌	搭	攂	暖	砸	邽	弟	海	佡	较	淒	涥	彩
01.	傍隅	彼	ħ	伍	摘	陷	村	扳	ŧ	温	脇	郁	悍	B	酬	It I	唱	उ	λ	$\frac{1}{t}$	亚	1	评	見	怈	ALL ALL	動	提	提	暖	566	叔	龙	海	偷	防	津	行	影
02	臧 賜	油	反方	(Th	抗	松	차	沥	+	温	贻	釽	恒	113	60 744	11	唱	古	x	л -	יורי עוג	作作	不测	光星	-7/1 +/#	200 2010	财)() 1月	加場	昭	り他 石石	TP TR	心	海	临	57 10	净	行	177
O_{2}	心 翊 椷 鬼	山	以方	低	1U th	IV	1入 お	版	±	沒温	肥	が	旧	- лл	酚	1L 	······································	× t	$\hat{\lambda}$	~ +	אני בת	እተ ቆ⁄ድ	不	史目	ᄴ	20 20	叫人	10 11	加快	吸	에만 지료	ויי 11	アレンド	/吗	间	10 17	/千	仔 這	イン
O_{3}	闷网	1)X 小+	以七	ш tt	10	14	1X	1八 †に	± +	反退	即也	孙	任相	収	111 114	41 41	"면) n日	X ±	$\frac{1}{1}$	大	Ab πn	٨F	禾	兕目	厌雌	211 211	編入	指	加	岐	11世	τµ +π	別	尚	削	IX ть	洋油	 行 二	われ
04:	隐竭	収	及	Ш	旧	习	似	拟	Ŧ	涭	砚	卻	任	坝	114 TA	41	咽	ヌ	\uparrow	大	泖	쟈	采	免日	况	凹	釟	冶	掚	昄	體	邗	匊	冯	刖	χt 	洋	浮	杉
05:	唿 蹋	仮	反	ഥ	扟	坟	权	扳	Ŧ	涭	鈪	剚	馑	圾	凹	1Ľ	喝	文	^	天	郱	ХF	采	冕	烘	醌	缼	孡	덌	嵈	僆	郱	퐈	凋	偂	Ŋ	冿	淂	彩
TG	憾 蹋	一彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	酗	北口	喝	支	λ	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	攂	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
01:4	憾蹋	겞	友	伍	拍	吟	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	脳	北口	喝	支	<u></u>	仧	郍	炸	梁	見	娸	馡	歌	搭	揣	暇	Æ	扨	弟	海	偷	玫	池	淳	彩
02:	威 跟	一	友	衎	拍	玪	杖	扳	ŧ	渦	跪	<u>фи</u>	惺	圾	5AA	dk I	喝	女	λ	夫	ĦB	te	涩	5	炪	西拍	歌	搭	揣	曝	砙	郬	弟	海	偷	玓	津	滇	彩
03.4	慮 駻	机	方	佰	扣	段	村	扳	±	温	胎	郭	惶	报	丙di	112	喝	す	λ	+	亚	作	涩	見	灶	耐	斟	抗	提	腦	麻	邦	前	海	偷	Ŧb	津	演	彩
0.000	咸盟	いた	人方	低低	拍	私	10 11	折	工 本	运温	贻	郭	屈	奶	sei Tirki	141	阆	一古	$\hat{\boldsymbol{\lambda}}$	八土	गार बार	が	不	鬼員	ᄴ	副	呐人	旧枕	協	畈	吔吃	/P \$17	アリンド	海	间	以称	伴	守清	ション
04.	133 DA Net DE	11)ス し 分出	人士	ш Ш	10	云	12	派出	土	凤	叩凸	孙	旧		=K3 Kinh	14 1	nei	×	$\frac{1}{1}$	入土	41v 111	사	禾	死日	<u></u> , ж	印日	·小八 	1日	100 3/00	1122	111 <u>12</u> 713	ナP +17	까	(呼 355	删	以山	(中 24m	仔	ボン
05:	唿 嘲	11文	风	111	11	тŸ	仪	1以	Ŧ	侵	岘	3þ	1生	収	ШA	46 1	哟	X	^	大	лÞ	泙	Ж	R	沢	ЫЩ	叭	抬	1īlī	岐	伵	邘	ЯÐ	砪	111	攻	律	仔	彩
TG	憾 蹋	~	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	西凶	北口	喝	支	እ	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
01:	憾 蹋	彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	酬	北口	喝	支	入	夫	邪	炸	梁	冕	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	淳	彩
O2:	憾蹋	彼	友	伍	拍	玲	杖	扳	圭	漫	跪	郭	惺	圾	砌	北口	喝	支	<u></u> д	夫	邪	怍	梁	鼻	烘	酣	歌	搭	揣	暖	砸	邦	弟	海	偷	玫	津	澤	彩
03:	憾蹋	彼	友	伍	拍	玪	杖	扳	≢	漫	朌	郭	惺	圾	西的	11. I	喝	支	X	*	ЯR	ţΈ	涩	8	μ±	西井	歌	招	凗	曯	砺	邦	弟	海	偷	ŦΣ	津	淳	¥
04.	减踢	ィー	た	伍	拍	砛	村	沥	±	温	跪	家	に限	17B	航仙	11:1	『帰	させ	<u>л</u>	六 手	J₽ JR	ΨF	不边	尼县	世	西出	歌	达	淵	服	砺	±R	治	海	偷	玓	~~	污渣	影
05.1	幅明	小风		一石	1日 1日	12	ᇈ	坂坂	* *	皮湯	ᅇ	テレ 宣収	间	-7X 112	303	40 F 4F I	۰» او	× ±	<u>,</u>	べま	미	NH IME	木沙	免	л т µ++	유명 전 전 전	明人	10 17	铝	岐回	ᄺ	ナロ	おが	冯尔	iriji Alec	ᇖ	/千	/子 : 言	ホン
05.		112	X	ш	10	15	٢X	JIX	±	凒	шe	₹I)	Ί£	ЧX	96	46 เ	ND	×	ハ	大	ΔŊ	٨F	ж	免	汱	88	甸人	10	٥N	岐	10世	FD	퐈	凒	1 A N	IX	凈	庈	杉

Table 2: Quantitative comparison of models with different reference set size. In all cases, N_t =300k.

Figure 4: The impact of the number of reference images on the generation of images in D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , respectively (from upper left to lower right). TG: Target image, O1: Output for r=2, O2: Output for r=5, O3: Output for r=10, O4: Output for r=15 and O5: Output for r=50. In all cases, $N_t=300$ k.

4. Effect of the Weighted Loss

In this subsection, we compare the model trained with L1 loss and weighted L1 loss. The quantitative results are displayed in Table 3 and the qualitative results are shown in Figure 5. From the figure, we can observe that images with thin and light characters are generated better with weighted loss.

	able 5.	Quantita		mpariso.	n or mo		11 11 103	s and w	ergineu	L1 1035.		
		D_1			D_2			D_3			D_4	
	L1 loss	RMSE	PDAR	L1 loss	RMSE	PDAR	L1 loss	RMSE	PDAR	L1 loss	RMSE	PDAR
L1 loss	0.0091	0.0186	0.1561	0.0094	0.0189	0.161	0.0093	0.0187	0.1554	0.0095	0.019	0.1592
Weighted L1 loss	0.0091	0.0185	0.1549	0.0094	0.0189	0.1604	0.0092	0.0187	0.1549	0.0094	0.0189	0.1592

Tuete et Qualitation et medels afai Et tess and a etginete Et tess.

	_	-						~~											~ ~				-	~ -	_					~ .	-				-							
02	: 2	自醇	1		狗	掩	喻	究	拌	深	杰林	惺	判	距	拓	奏	割	志	湛	技	慧	02:	反血	醇	怎	狗	掩	嗡	宄	拌	深	森	惺	判	距	拓	奏	割	土心	湛	技	担定
01	: 2	ē	1,1	E.	狗	ŧ	陶	充	拌	杘	木林	悜	判	距	托	奏	害	志	湛	技	慧	01:	10	T	Æ	狗	掩	瞈	究	ţ1	泝	杰	侱	判	伯	拓	奏	割	志	湛	技	붎
ΤG	; 盗	2 酔		È.	狗	掩	嗡	光	拌	洣	秝	慛	判	距	拓	奏	割	志	湜	技	慧	TG:	盈	. 酉子	怎	狗	掩	嗡	究	拌	洣	冧	惺	判.	距	拍	奏	割	志	湛	技	慧

Figure 5: Results of different loss functions with N_t =300k, r=10. TG: Target image, O1: Output for L1 as the loss function, O2: Output for weighted L1 loss as the loss function.

5. Results of one reference image

We compare two models: r=10 vs. r=1 (splitting each former triplet into 100 triplets). As shown in Figure 6, the two models perform similarly, but the first model is more time efficient since it learns from r^2 style-content pairs at one time.

TG:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	碗	掉	炸	檽	婉	偷	玫	殊
01:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	碗	掉	炸	糯	娩	偷	玟	殊
02:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	硕	掉	炸	檽	婉	偷	玟	殊
TG:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	碗	掉	炸	糯	娩	偷	玫	殊
01:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	碗	掉	炸	糯	娩	偷	玫	殊
O2:	醇	掩	究	判	拓	割	湛	慧	碗	掉	炸	糯	婏	偷	玫	殊

Figure 6: Generation for D_1 , D_2 , D_3 , D_4 (from upper left to lower right) for N_t =300k. TG: Target image, O1: Output for r=10, O2: Output for r=1.

6. Experiment for neural style transfer

For neural style transfer, we constructed a dataset with artistic Photoshop filters which contains 106 styles and each style has 781 images with different contents. The results on the dataset are presented in Figure 7, showing our method works well for neural images.



Figure 7: Experiment results for neural style transfer.